

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-070657

(43)Date of publication of application : 08.03.2002

(51)Int.Cl.

F02M 25/07  
F25B 9/04

(21)Application number : 2000-262989

(71)Applicant : HINO MOTORS LTD

(22)Date of filing : 31.08.2000

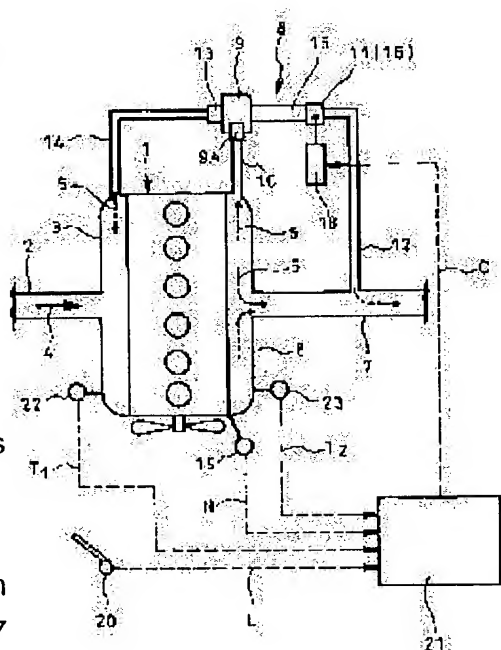
(72)Inventor : YAMAGUCHI YUJI  
KUDO YUUGO

## (54) EGR DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a compact EGR device capable of efficiently cooling a recirculated exhaust gas without increasing the thermal load of a water cooling system.

**SOLUTION:** This EGR device is so structured that part of an exhaust gas 5 is taken out of an exhaust manifold 6 (exhaust passage) of an engine 1 and recirculated to an intake manifold 3 (intake passage). The device is provided with a vortex tube 8 for dividing the exhaust gas 5 into warm gas and cool gas, the revolving chamber 9 of the vortex tube 8 is connected to the exhaust manifold 6 (exhaust passage) through an exhaust gas introduction passage 10, an appropriate position of an exhaust tube 7 (exhaust passage) located on the lower side than the connection position of the exhaust gas introduction passage 10 is connected to an warm gas discharge opening 11 of the vortex tube 8 through a warm gas exhaust passage 12, and the intake manifold 3 is connected to a cool gas discharge opening 13 of the vortex tube 8 through a cool gas exhaust passage 14.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 30.06.2003

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is EGR equipment extracts a part of exhaust gas from an engine flueway, and it was made to recycle to an inhalation-of-air path. Have the vortex tube which divides exhaust gas into pre-heating and cold, and between the turning room of this vortex tube and flueways is connected at an exhaust gas installation path. EGR equipment characterized by the thing of the flueway which serves as the downstream from the connection place of this exhaust gas installation path for which between a location and the pre-heating deliveries of said vortex tube was connected suitably at the pre-heating blowdown path, and between the cold deliveries of said vortex tube was connected at the cold blowdown path.

[Claim 2] The intake-air-temperature sensor which detects the temperature of the inhalation air introduced into an engine, The exhaust-gas-temperature sensor which detects the temperature of the exhaust gas introduced into a vortex tube, The rotation sensor which detects an engine engine speed, and the load sensor which detects an engine load, So that the recirculation of the exhaust gas may be carried out based on the detecting signal from each [ these ] sensor by the optimal flow rate according to engine operational status, inhalation air, and the temperature conditions of exhaust gas EGR equipment according to claim 1 characterized by having the control unit which outputs a command to the flow control valve with which the pre-heating delivery of a vortex tube was equipped whenever [ pair dehiscence ].

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the EGR equipment it was made to recycle a part of exhaust gas drawn from the engine flueway to an inhalation-of-air path.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although the EGR equipment which a part of exhaust gas of engines, such as an automobile, is conventionally recycled [ equipment ] in an engine, and reduces generating of NOx (nitrogen oxides) is known If the exhaust gas recycled in an engine is cooled with such EGR equipment, when the temperature of this exhaust gas will fall and the volume will become small Since combustion temperature can be fallen without reducing an engine output not much and generating of NOx can be reduced effectively, there are some which equipped the EGR cooler which is made to carry out heat exchange of the exhaust gas to cooling water, and is cooled in the middle of the line which recycles exhaust gas in an engine.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, it sets to conventional EGR equipment equipped with the EGR cooler of such a water cooling type. Since engine cooling water will be diverted and exhaust gas will be cooled, large buildup of the thermal load about a water-cooled system is caused. An increase and the cure of carrying out or enlarging a radiator etc. are needed in a circulating water flow, and there is a problem that the jump of cost is not avoided. Further Since the EGR cooler itself needed the comparatively big volume, there was also a problem that the layout for realizing loading which is especially convenient by automobile was difficult.

[0004] This invention is what was made in view of the above-mentioned actual condition, and it aims at offering the compact EGR equipment which enabled it to cool recirculation exhaust gas efficiently, without increasing the thermal load of a water-cooled system.

[0005]

[Means for Solving the Problem] This invention is EGR equipment extracts a part of exhaust gas from an engine flueway, and it was made to recycle to an inhalation-of-air path. Have the vortex tube which divides exhaust gas into pre-heating and cold, and between the turning room of this vortex tube and flueways is connected at an exhaust gas installation path. It is characterized by the thing of the flueway which serves as the downstream from the connection place of this exhaust gas installation path for which between a location and the pre-heating deliveries of said vortex tube was connected suitably at the pre-heating blowdown path, and between the cold deliveries of said vortex tube was connected at the cold blowdown path.

[0006] Therefore, in this invention, a part of exhaust gas is extracted from a flueway, and it is introduced at the turning room of a vortex tube. Form a high-speed turning style inside this vortex tube, and it separates into pre-heating and cold. While the pre-heating of exhaust gas is discharged by the flueway through a pre-heating blowdown path from a pre-heating delivery The recirculation of the cold of exhaust gas will be carried out through a cold blowdown path at an inhalation-of-air path from a cold delivery, and it becomes possible [ cooling exhaust gas efficiently, without using a water-cooled system, and recycling to an inhalation-of-air path ].

[0007] Moreover, since the method which divides exhaust gas into pre-heating and cold by the vortex

tube, and recycles only cold is adopted, the volume is smaller than the case where the EGR cooler of the method which carries out water cooling of the conventional \*\*\*\* exhaust gas, and recycles it is adopted, it ends, and it becomes possible to attain miniaturization of the whole EGR equipment.

[0008] Furthermore, the intake-air-temperature sensor which detects the temperature of the inhalation air introduced into an engine in this invention, The exhaust-gas-temperature sensor which detects the temperature of the exhaust gas introduced into a vortex tube, The rotation sensor which detects an engine engine speed, and the load sensor which detects an engine load, So that the recirculation of the exhaust gas may be carried out based on the detecting signal from each [ these ] sensor by the optimal flow rate according to engine operational status, inhalation air, and the temperature conditions of exhaust gas It is desirable to have the control unit which outputs a command to the flow control valve with which the pre-heating delivery of a vortex tube was equipped whenever [ pair dehiscence ].

[0009] If it does in this way, the flow control valve of the pre-heating delivery in a vortex tube will be controlled by the opening command from a control device by the suitable opening, and the recirculation of the exhaust gas will be carried out by this by the optimal flow rate according to engine operational status, inhalation air, and the temperature conditions of exhaust gas.

[0010]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of operation of this invention is explained below, referring to a drawing.

[0011] The exhaust gas 5 which drawing 1 and drawing 2 show an example of a gestalt which carries out the EGR equipment of this invention, engines, such as a Diesel engine, are shown, the inhalation air 4 is drawn through the inlet pipe 2 and the inlet manifold 3 which accomplish an inhalation-of-air path, and one in drawing is distributed to each cylinder of said engine 1, and is discharged from each cylinder of said engine 1 is discharged out of a vehicle through the exhaust manifold 6 and the exhaust pipe 7 which accomplish a flueway.

[0012] And in the engine 1 currently illustrated here, it has the \*\*\*\* vortex tube 8 explained in full detail below, between the turning room 9 of this vortex tube 8 and exhaust manifolds 6 is connected by the exhaust gas installation path 10, between the proper location of an exhaust pipe 7 and the pre-heating deliveries 11 of said vortex tube 8 is connected by the pre-heating blowdown path 12, and between the cold deliveries 13 of said vortex tube 8 is connected by the cold blowdown path 14.

[0013] Discovery observation was done by the physicist GeorgesRanque of France around 1930, and by making a gaseous high-speed turning style in a cylinder, said vortex tube 8 is used so that a separation extract can be been made to carry out and the exhaust gas 5 drawn from the exhaust manifold 6 of an engine 1 may be divided into pre-heating and cold in this example of a gestalt at pre-heating and cold.

[0014] The detail of this vortex tube 8 is as being shown in drawing 2 , and the end section of the hot tube 15 formed in the shape of a cylinder is connected to the axial core of said turning room 9. Said cold delivery 13 which accomplished the bore smaller than the bore of said hot tube 15 in the reverse axial core the side to which said hot tube 15 in this turning room 9 was connected is formed, and said pre-heating delivery 11 is established in the other end of said hot tube 15.

[0015] And the exhaust gas 5 drawn through the exhaust gas installation path 10 from the exhaust manifold 6 It is introduced from the tangential direction of said turning room 9 through exhaust gas inlet 9A prepared in the peripheral wall of the turning room 9. Accomplish a high-speed turning style in this turning room 9, and it goes into the hot tube 15 altogether. A part of outside turning style is discharged by the pre-heating delivery 11 by the flow control valve 16 with which said pre-heating delivery 11 was equipped. Being put back to the axial core of the hot tube 15, and circling, the remaining exhaust gas 5 passes the axial core of the hot tube 15 and the turning room 9, and is discharged by the cold delivery 13.

[0016] Here the flow control valve 16 of the pre-heating delivery 11 It is arranged at the core of the passage inner skin 17 whose diameter was gradually reduced towards the hot tube 15 side. And it is formed in the shape of [ which is tapering off towards the hot tube 15 side ] a cone. It is constituted by the actuator 18 (refer to drawing 1 ) possible [ forward/backward moving ] in the direction of an axial center, when it moves forward to the hot tube 15 side, the clearance between the passage inner skin 17 is narrowed, and when an opening becomes small and \*\*\*\*, it has carried out as [ become / an opening / large ].

[0017] In addition, it has set up so that the pressure of the flow control valve 16 of the pre-heating

delivery 11 in back may become always high from the pressure of the cold delivery 13 at the time of actual actuation of a vortex tube 8.

[0018] On the other hand, while the engine 1 shown in drawing 1 is equipped with the revolution sensor 19 which detects the engine speed, in the accelerator of the driver's seat which is not illustrated It has the accelerator sensor 20 (load sensor: it is also good to substitute the sensor which detects the injection quantity of a fuel) which detects an accelerator opening as a load of an engine 1. The detecting signal N from said revolution sensor 19 The detecting signal L from said accelerator sensor 20 is inputted into the control unit 21 which accomplishes an engine control computer (ECU:Electronic Control Unit).

[0019] Moreover, while the intake-air-temperature sensor 22 which detects the temperature of the inhalation air 4 introduced into an engine 1 is attached to the inlet manifold 3, the exhaust-gas-temperature sensor 23 which detects the temperature of the exhaust gas 5 introduced into a vortex tube 8 is attached to the exhaust manifold 6, and the detecting signals T1 and T2 from these intake-air-temperatures sensor 22 and the exhaust-gas-temperature sensor 23 are also inputted into said control unit 21.

[0020] In said control unit 21 And the detecting signal N from the revolution sensor 19 The detecting signal L from the accelerator sensor 20 (load sensor: it is also good to substitute the sensor which detects the injection quantity of a fuel) which detects an accelerator opening Based on the detecting signals T1 and T2 from said intake-air-temperature sensor 22 and the exhaust-gas-temperature sensor 23, so that the recirculation of the exhaust gas 5 may be carried out by the optimal flow rate according to the operational status of an engine 1, the inhalation air 4, and the temperature conditions of exhaust gas 5 Command C is outputted to the actuator 18 which carries out opening adjustment of the flow control valve 16 of the pre-heating delivery 11 in a vortex tube 8 whenever [ pair dehiscence ].

[0021] For example, in a control device 21, the optimal EGR rate fundamental as a control map is uniquely set up for the 2-dimensional map by the rotational frequency and load of an engine 1. This optimal EGR rate is amended according to the temperature of the inhalation air 4 introduced into an engine 1. What is necessary is to convert into the opening of a flow control valve 16, after the temperature of the exhaust gas 5 included in a vortex tube 8 also considers the amended EGR rate, and just to make it output to an actuator 18 as command C whenever [ pair dehiscence ].

[0022] Namely, the thing for which reduction-ization of NOx is attained by the recirculation of exhaust gas 5 Although the most effective optimal EGR rate that does not cause generating of the black smoke in the operational status will be decided in general if the rotational frequency and load of an engine 1 are known since it has generating of a black smoke and the relation of a trade-off by the incomplete combustion within each cylinder NOx generated by combustion within a cylinder Since combustion temperature changes with the temperature of the inhalation air 4 and an yield fluctuates even if it is the same operational status (it will increase if temperature is high, and it will decrease if low) If amendment according to the temperature of the inhalation air 4 is performed by using as the base the optimal EGR rate decided from the aforementioned operational status, the EGR rate more near a true value will be acquired.

[0023] In converting into the opening of the flow control valve 16 of the pre-heating delivery 11 the EGR rate acquired by doing in this way and in a vortex tube 8 Since the blowdown flow rate of the pre-heating of the exhaust gas 5 decided by the opening of a flow control valve 16 influences greatly the flow rate and temperature of cold of exhaust gas 5 which are discharged from the cold delivery 13 It is made to perform opening conversion so that the recirculation of the cold of exhaust gas 5 may be carried out by the optimal flow rate which considers the anticipation temperature of the cold of exhaust gas 5 by which the recirculation is carried out, the volume change by the anticipation temperature, etc., and can attain a target EGR rate when the temperature of the exhaust gas 5 included in a vortex tube 8 has been grasped.

[0024] With the EGR equipment which it \*(ed) and was constituted in this way A part of exhaust gas 5 extracted from the exhaust manifold 6 is introduced from a tangential direction in the turning room 9 from exhaust gas inlet 9A of a vortex tube 8. Accomplish a high-speed turning style in this turning room 9, and it goes into the hot tube 15 altogether. A part of outside turning style is discharged by the pre-heating delivery 11 by the flow control valve 16 with which the pre-heating delivery 11 was equipped, and being put back to the axial core of the hot tube 15, and circling, the remaining exhaust gas 5 passes the axial core of the hot tube 15 and the turning room 9, and is discharged by the cold delivery 13.

[0025] Although the turning style of the outside which goes to the pre-heating delivery 11, and the turning style which moves to two opposite directions called the turning style of the inside which goes to the cold delivery 13 will be made in the hot tube 15 at this time By work of the centrifugal force of an outside turning style, to the axial core of the hot tube 15 Since the path ideal for an inside turning style to move to an opposite direction is formed, the turning style which moves to two opposite directions in relation to the pressure differential by the side of a flow control valve 16 and the cold delivery 13 will be formed convenient.

[0026] And it becomes the forced vortex compulsorily rotated for an inside turning style by the outside turning style at a fixed angular velocity to an outside turning style serving as a free vortex although both flow is shut up, respectively as far as rotation is concerned with the intense turbulent flow which the turning style of two inside and outside which go to this opposite direction is circling with the same angular velocity mutually towards this direction, and happens to the boundary of such two flow, and it becomes like a single lump.

[0027] Here the linear velocity (rotational speed) of the particle in the inside of a free vortex Since angular momentum is saved as it moves to the core side of the eddy and it will increase For example, although linear velocity will decrease to one half and the particle in a free vortex becomes one 4 times the linear velocity of this as compared with a forced vortex in the forced vortex which has a fixed angular velocity to linear velocity doubling in the place which a radius reduces by half by the free vortex Since kinetic energy is proportional to square of linear velocity, in this example, the particle in the inside of a forced vortex will have 1/16 of the kinetic energy of the kinetic energy of the particle of a free vortex on the occasion of carrying out turning migration to the place which a vortical radius reduces by half.

[0028] Therefore, if it is in the condition that the turning style of a free vortex was formed outside within the hot tube 15, and the turning style of the forced vortex which rotates with the same angular velocity as the inside was formed The difference of the mutual kinetic energy in the turning style of an outside and the inside serves as heat, it will be carried to an outside turning style from an inside turning style, and an inside turning style will serve as cold of exhaust gas 5, and an outside turning style will serve as pre-heating of exhaust gas 5, and it will dissociate.

[0029] And while a part of outside turning style is discharged by the pre-heating delivery 11 as pre-heating of exhaust gas 5 and it is discharged by the exhaust pipe 7 through the pre-heating blowdown path 12, it enables it to carry out the recirculation of the inside turning style through the cold blowdown path 14 to an inlet manifold 3 from the cold delivery 13 as cold of exhaust gas 5, to cool exhaust gas 5 efficiently, without using a water-cooled system, and to recycle in an inlet manifold 3.

[0030] Moreover, since the method which divides exhaust gas 5 into pre-heating and cold by the vortex tube 8, and recycles only cold is adopted, the volume is smaller than the case where the EGR cooler of the method which carries out water cooling of the conventional \*\*\*\* exhaust gas 5, and recycles it is adopted, it ends, and it becomes possible to attain miniaturization of the whole EGR equipment.

[0031] In addition, an engine speed is detected by the revolution sensor 19 especially in this example of a gestalt. While an accelerator opening is detected by the accelerator sensor 20 as a load of an engine 1 The temperature of the inhalation air 4 introduced into an engine 1 is detected by the intake-air-temperature sensor 22. The temperature of the exhaust gas 5 introduced into a vortex tube 8 is detected by the exhaust-gas-temperature sensor 23. The detecting signals N, L, T1, and T2 from each [ these ] sensors 19, 20, 22, and 23 are inputted into a control unit 21. Since the opening command C is outputted from said control unit 21 to the actuator 18 which carries out opening adjustment of the flow control valve 16 of the pre-heating delivery 11 and said flow control valve 16 is controlled by the suitable opening The recirculation of the exhaust gas 5 will be carried out by the optimal flow rate according to the operational status of an engine 1, the inhalation air 4, and the temperature conditions of exhaust gas 5.

[0032] Therefore, since the recirculation exhaust gas 5 can be cooled efficiently according to the above-mentioned example of a gestalt, without increasing the thermal load of a water-cooled system Cost is substantially reducible as unnecessary in the increase of a circulating water flow, or the cure of carrying out or enlarging a radiator etc. And since miniaturization of the whole EGR equipment can be attained by adoption of a vortex tube 8, loading which eases the constraint on a layout also to an automobile etc. and is convenient is realizable.



[0033] Moreover, especially in this example of a gestalt, the flow control valve 16 of the pre-heating delivery 11 in a vortex tube 8 is controlled by the opening command C from a control device 21 to a suitable opening. Since the recirculation of the exhaust gas 5 can be carried out by the optimal flow rate according to the operational status of an engine 1, the inhalation air 4, and the temperature conditions of exhaust gas 5 Reduction-ization of NOx can be attained effectively, controlling certainly black-smoke generating in the relation between NOx reduction and a trade-off by the recirculation of exhaust gas 5 etc.

[0034] In addition, as for the EGR equipment of this invention, it is needless to say that modification can be variously added within limits which do not deviate from that you may make it return the cold of the exhaust gas which is not limited only to the above-mentioned example of a gestalt, and you may make it extract further that you may make it equip juxtaposition with two or more vortex tubes and the exhaust gas led to a vortex tube from an exhaust pipe, and was drawn from the vortex tube to an inlet pipe, and the other summaries of this invention. <BR> [0035]

[Effect of the Invention] According to the EGR equipment of above-mentioned this invention, the effectiveness which was excellent in the versatility like the following can be done so.

[0036] (I) Since recirculation exhaust gas can be cooled efficiently according to invention of this invention according to claim 1, without increasing the thermal load of a water-cooled system Since cost can be substantially reduced as unnecessary in the increase of a circulating water flow, or the cure of carrying out or enlarging a radiator etc. and miniaturization of the whole EGR equipment can moreover be attained by adoption of a vortex tube Loading which eases the constraint on a layout also to an automobile etc. and is convenient is realizable.

[0037] (II) Since according to invention of this invention according to claim 2 the flow control valve of the pre-heating delivery in a vortex tube can be controlled by the opening command from a control device to a suitable opening and the recirculation of the exhaust gas can be carried out by the optimal flow rate according to engine operational status, inhalation air, and the temperature conditions of exhaust gas, reduction-ization of NOx can be attained effectively, controlling certainly black-smoke generating in the relation between NOx reduction and a trade-off by the recirculation of exhaust gas etc.

---

[Translation done.]



(11)特許出願公開番号

特開2002-70657

(P2002-70657A)

(43)公開日 平成14年3月8日(2002.3.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

テーマコード(参考)

F 0 2 M 25/07

580

F 0 2 M 25/07

580E 3G062

**F 2 5 B 9/04**

**F 2 5 B 9/04**

審査請求 有 請求項の数2 OL (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2000-262989(P2000-262989)

(22)出願日 平成12年8月31日(2000.8.31)

(71)出願人 000005463

日野自動車株式会社

東京都日野市日野台3丁目1番地1

(72)発明者 山口 雄二

東京都日野市日野台3丁目1番地1 日野  
自動車株式会社内

(72)発明者 工藤 有吾

東京都日野市日野台3丁目1番地1 日野  
自動車株式会社内

(74) 代理人 100062236

弁理士 山田 恒光 (外1名)

Fターム(参考) 3C062 ED08 ED10 FA23 GA04 GA06

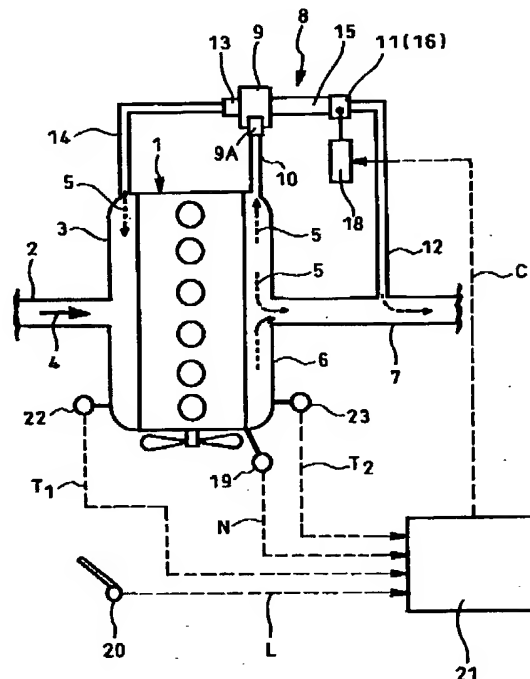
GA09 GA12

(54) 【発明の名称】 EGR装置

(57) 【要約】

【課題】 水冷系の熱負荷を増大することなく再循環排気ガスを効率良く冷却し得るようにしたコンパクトなEGR装置を提供する。

【解決手段】 エンジン１の排気マニホールド６（排気通路）から排気ガス５の一部を抜き出して吸気マニホールド３（吸気通路）へ再循環するようにしたＥＧＲ装置に関し、排気ガス５を暖気と冷気とに分離するボルテックスチューブ８を備え、該ボルテックスチューブ８の旋回室９と排気マニホールド６（排気通路）との間を排気ガス導入通路１０で接続し、該排気ガス導入通路１０の接続箇所より下流側となる排気管７（排気通路）の適宜位置と前記ボルテックスチューブ８の暖気吐出口１１との間を暖気排出通路１２で接続し、前記ボルテックスチューブ８の冷気吐出口１３との間を冷気排出通路１４で接続する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 エンジンの排気通路から排気ガスの一部を抜き出して吸気通路へ再循環するようにしたEGR装置であって、排気ガスを暖気と冷気とに分離するボルテックスチューブを備え、該ボルテックスチューブの旋回室と排気通路との間を排気ガス導入通路で接続し、該排気ガス導入通路の接続箇所より下流側となる排気通路の適宜位置と前記ボルテックスチューブの暖気吐出口との間を暖気排出通路で接続し、前記ボルテックスチューブの冷気吐出口との間を冷気排出通路で接続したことを特徴とするEGR装置。

【請求項2】 エンジンに導入される吸入空気の状態を検出する吸気温度センサと、ボルテックスチューブに導入される排気ガスの温度を検出する排気温度センサと、エンジンの回転数を検出する回転センサと、エンジンの負荷を検出する負荷センサと、これら各センサからの検出信号に基づきエンジンの運転状態と吸入空気及び排気ガスの温度条件に応じた最適流量で排気ガスが再循環されるようにボルテックスチューブの暖気吐出口に装備した流量調整弁に対し開度指令を出力する制御装置とを備えたことを特徴とする請求項1に記載のEGR装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エンジンの排気通路から導いた排気ガスの一部を吸気通路に再循環するようにしたEGR装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より自動車等のエンジンの排気ガスの一部をエンジンに再循環してNOx（窒素酸化物）の発生を低減させるEGR装置が知られているが、このようなEGR装置では、エンジンに再循環する排気ガスを冷却すると、該排気ガスの温度が下がり且つその容積が小さくなることによって、エンジンの出力を余り低下させずに燃焼温度を低下して効果的にNOxの発生を低減させることができる為、エンジンに排気ガスを再循環するラインの途中に、排気ガスを冷却水と熱交換させて冷却するEGRクーラを装備したものがある。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような水冷式のEGRクーラを備えた従来のEGR装置においては、エンジンの冷却水を流用して排気ガスの冷却を行うことになる為、水冷系に関する熱負荷の大幅な増大を招き、冷却水量を増やしたり、ラジエータを大型化したりする等といった対策が必要となつて、コストの高騰が避けられないという問題があり、更には、EGRクーラ自体が比較的大きな容積を必要とする為、特に自動車等では支障のない搭載を実現する為のレイアウトが難しいという問題もあった。

【0004】本発明は上述の実情に鑑みてなしたもので、水冷系の熱負荷を増大することなく再循環排気ガス

を効率良く冷却し得るようにしたコンパクトなEGR装置を提供することを目的としている。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、エンジンの排気通路から排気ガスの一部を抜き出して吸気通路へ再循環するようにしたEGR装置であって、排気ガスを暖気と冷気とに分離するボルテックスチューブを備え、該ボルテックスチューブの旋回室と排気通路との間を排気ガス導入通路で接続し、該排気ガス導入通路の接続箇所より下流側となる排気通路の適宜位置と前記ボルテックスチューブの暖気吐出口との間を暖気排出通路で接続し、前記ボルテックスチューブの冷気吐出口との間を冷気排出通路で接続したことを特徴とするものである。

【0006】従って、本発明では、排気通路から排気ガスの一部が抜き出されてボルテックスチューブの旋回室へと導入され、該ボルテックスチューブの内部にて高速旋回流を形成して暖気と冷気とに分離され、排気ガスの暖気が暖気吐出口から暖気排出通路を通して排気通路に排出される一方、排気ガスの冷気が冷気吐出口から冷気排出通路を通して吸気通路へ再循環されることになり、水冷系を利用せずに排気ガスを効率良く冷却して吸気通路に再循環することが可能となる。

【0007】また、ボルテックスチューブにより排気ガスを暖気と冷気とに分離して冷気のみを再循環する方式を採用しているため、従来の如き排気ガスを水冷して再循環する方式のEGRクーラを採用した場合よりも容積が小さくて済み、EGR装置全体のコンパクト化を図ることが可能となる。

【0008】更に、本発明においては、エンジンに導入される吸入空気の状態を検出する吸気温度センサと、ボルテックスチューブに導入される排気ガスの温度を検出する排気温度センサと、エンジンの回転数を検出する回転センサと、エンジンの負荷を検出する負荷センサと、これら各センサからの検出信号に基づきエンジンの運転状態と吸入空気及び排気ガスの温度条件に応じた最適流量で排気ガスが再循環されるようにボルテックスチューブの暖気吐出口に装備した流量調整弁に対し開度指令を出力する制御装置とを備えることが好ましい。

【0009】このようにすれば、制御装置からの開度指令によりボルテックスチューブにおける暖気吐出口の流量調整弁が適切な開度に制御され、これによって、エンジンの運転状態と吸入空気及び排気ガスの温度条件に応じた最適流量で排気ガスが再循環されることになる。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。

【0011】図1及び図2は本発明のEGR装置を実施する形態の一例を示すもので、図中1はディーゼル機関等のエンジンを示し、吸気通路を成す吸気管2及び吸気マニホールド3を介し吸入空気4が導かれて前記エンジ

ン1の各シリンダに分配されるようになっており、また、前記エンジン1の各シリンダから排出される排気ガス5は、排気通路を成す排気マニホールド6及び排気管7を介し車外へ排出されるようになっている。

【0012】そして、ここに図示しているエンジン1においては、以下に詳述する如きボルテックスチューブ8が備えられており、該ボルテックスチューブ8の旋回室9と排気マニホールド6との間が排気ガス導入通路10により接続され、排気管7の適宜位置と前記ボルテックスチューブ8の暖気吐出口11との間が暖気排出通路12により接続され、前記ボルテックスチューブ8の冷氣吐出口13との間が冷氣排出通路14により接続されるようになっている。

【0013】前記ボルテックスチューブ8は、1930年頃のフランスの物理学者Georges Ranqueにより発見・観測されたもので、円筒内に気体の高速旋回流を作ることにより暖気と冷氣とに分離抽出できるようにしたものであり、本形態例においては、エンジン1の排気マニホールド6から導いた排気ガス5を暖気と冷氣とに分離するように用いている。

【0014】このボルテックスチューブ8の詳細は図2に示す通りであり、円筒状に形成されたホットチューブ15の一端部が前記旋回室9の軸心部に接続されており、該旋回室9における前記ホットチューブ15が接続された側と反対の軸心部には、前記ホットチューブ15の内径より小さな内径を成すようにした前記冷氣吐出口13が設けられ、前記ホットチューブ15の他端部に前記暖気吐出口11が設けられている。

【0015】そして、排気マニホールド6から排気ガス導入通路10を通して導かれた排気ガス5は、旋回室9の周壁に設けた排気ガス導入口9Aを介して前記旋回室9の接線方向から導入されるようになっており、該旋回室9内で高速旋回流を成して全てホットチューブ15へと入り、前記暖気吐出口11に装備された流量調整弁16により外側の旋回流の一部が暖気吐出口11に排出され、残りの排気ガス5はホットチューブ15の軸心部に押し戻され、旋回しながらホットチューブ15と旋回室9の軸心部を通過して冷氣吐出口13に排出されるようになっている。

【0016】ここで、暖気吐出口11の流量調整弁16は、ホットチューブ15側に向け徐々に縮径するようにした流路内周面17の中心に配置され、しかも、ホットチューブ15側へ向け先細りとなる円錐状に形成されて、アクチュエータ18（図1参照）により軸心方向に進退動可能に構成されており、ホットチューブ15側へ前進した際に流路内周面17との間の隙間が狭められて開度が小さくなり且つ退動した際に開度が大きくなるようしてある。

【0017】尚、ボルテックスチューブ8の実際の作動時においては、暖気吐出口11の流量調整弁16の背後

の圧力が冷氣吐出口13の圧力より常に高くなるように設定してある。

【0018】一方、図1に示すエンジン1に、そのエンジン回転数を検出する回転センサ19が備えられていると共に、図示しない運転席のアクセルには、アクセル開度をエンジン1の負荷として検出するアクセルセンサ20（負荷センサ：燃料の噴射量を検出するセンサで代用することも可）が備えられており、前記回転センサ19からの検出信号Nと、前記アクセルセンサ20からの検出信号Lとが、エンジン制御コンピュータ（ECU：Electronic Control Unit）を成す制御装置21に入力されるようになっている。

【0019】また、吸気マニホールド3に、エンジン1に導入される吸入空気4の温度を検出する吸気温度センサ22が付設されていると共に、排気マニホールド6には、ボルテックスチューブ8に導入される排気ガス5の温度を検出する排気温度センサ23が付設されており、これら吸気温度センサ22及び排気温度センサ23からの検出信号T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>も前記制御装置21に入力されるようになっている。

【0020】そして、前記制御装置21においては、回転センサ19からの検出信号Nと、アクセル開度を検出するアクセルセンサ20（負荷センサ：燃料の噴射量を検出するセンサで代用することも可）からの検出信号Lと、前記吸気温度センサ22及び排気温度センサ23からの検出信号T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>に基づき、エンジン1の運転状態と吸入空気4及び排気ガス5の温度条件に応じた最適流量で排気ガス5が再循環されるように、ボルテックスチューブ8における暖気吐出口11の流量調整弁16を開度調整するアクチュエータ18に対し開度指令Cを出力するようになっている。

【0021】例えば、制御装置21において、エンジン1の回転数と負荷とによる二次元マップを制御マップとして基本的な最適EGR率を一義的に設定し、この最適EGR率をエンジン1に導入される吸入空気4の温度に応じて補正し、その補正されたEGR率をボルテックスチューブ8に入る排気ガス5の温度も加味した上で流量調整弁16の開度に換算し、アクチュエータ18に対し開度指令Cとして出力するようにすれば良い。

【0022】即ち、排気ガス5の再循環によりNOxの低減化を図ることは、各シリンダ内での燃焼不良による黒煙の発生とトレードオフの関係にあるので、エンジン1の回転数と負荷が判れば、その運転状態における黒煙の発生を招かない最も効果的な最適EGR率が概ね決まることになるが、シリンダ内での燃焼により発生するNOxは、同じ運転状態であっても吸入空気4の温度により燃焼温度が変化して発生量が増減（温度が高いと増え、低いと減る）するので、前記の運転状態から決まる最適EGR率をベースとして吸入空気4の温度に応じた補正を行えば、より真値に近いEGR率が得られること

10

20

30

40

50

になる。

【0023】そして、このようにして得られたEGR率を暖気吐出口11の流量調整弁16の開度に換算するにあたり、ボルテックスチューブ8では、流量調整弁16の開度により決まる排気ガス5の暖気の排出流量が、冷氣吐出口13から排出される排気ガス5の冷気の流量と温度に大きく影響するので、ボルテックスチューブ8に入る排気ガス5の温度を把握した上で、再循環される排気ガス5の冷気の予想温度及びその予想温度による体積変化等も加味して目標のEGR率を達成できる最適流量で排気ガス5の冷氣が再循環されるように開度換算を行うようにする。

【0024】而して、このように構成したEGR装置では、排気マニホールド6から抜き出された排気ガス5の一部が、ボルテックスチューブ8の排気ガス導入口9Aから旋回室9内に接線方向から導入され、該旋回室9内で高速旋回流を成して全てホットチューブ15へと入り、暖気吐出口11に装備された流量調整弁16により外側の旋回流の一部が暖気吐出口11に排出され、残りの排気ガス5はホットチューブ15の軸心部に押し戻され、旋回しながらホットチューブ15と旋回室9の軸心部を通過して冷氣吐出口13に排出される。

【0025】この時、ホットチューブ15の中では、暖気吐出口11に向かう外側の旋回流と、冷氣吐出口13に向かう内側の旋回流という二つの反対方向に移動する旋回流ができることになるが、外側の旋回流の遠心力の働きでホットチューブ15の軸心部には、内側の旋回流が反対方向に移動するに理想的な通路が形成されているので、流量調整弁16側と冷氣吐出口13側との圧力差と関連して二つの反対方向に移動する旋回流が支障なく形成されることになる。

【0026】そして、この反対方向に向かう内外二つの旋回流は、互いに同方向に向け同じ角速度で旋回しており、これらの二つの流れの境界に起こる強烈な乱流により、回転運動に関する限り双方の流れが夫々閉じ込められて単一の塊ようになるが、外側の旋回流が自由渦となるのに対し、内側の旋回流は外側の旋回流により一定の角速度で強制的に回転させられる強制渦となる。

【0027】ここで、自由渦の中での粒子の線速度(回転速度)は、その渦の中心側へ移動するにつれ角運動量を保存する為に増加することになるので、例えば、自由渦で半径が半減する所で線速度が倍になるのに対し、一定の角速度を持つ強制渦では線速度が1/2に減少されることになり、自由渦における粒子は強制渦と比較して4倍の線速度となるが、運動エネルギーは線速度の二乗に比例するので、この例では、渦の半径が半減する所まで旋回移動するのに際し、強制渦の中での粒子は、自由渦の粒子の運動エネルギーの1/16の運動エネルギーを持つことになる。

【0028】従って、ホットチューブ15内で外側に自

由渦の旋回流が形成され、その内側に同じ角速度で回転する強制渦の旋回流が形成された状態にあっては、外側と内側の旋回流における相互の運動エネルギーの差が熱となって内側の旋回流から外側の旋回流へと運ばれ、内側の旋回流が排気ガス5の冷氣となり且つ外側の旋回流が排気ガス5の暖気となって分離されることになる。

【0029】そして、外側の旋回流の一部が排気ガス5の暖気として暖気吐出口11に排出され、暖気排出通路12を通して排気管7に排出される一方、内側の旋回流が排気ガス5の冷氣として冷氣吐出口13から冷氣排出通路14を通して吸気マニホールド3へ再循環されることになり、水冷系を利用せずに排気ガス5を効率良く冷却して吸気マニホールド3に再循環することが可能となる。

【0030】また、ボルテックスチューブ8により排気ガス5を暖気と冷氣とに分離して冷氣のみを再循環する方式を採用しているので、従来の如き排気ガス5を水冷して再循環する方式のEGRクーラを採用した場合よりも容積が小さくて済み、EGR装置全体のコンパクト化を図ることが可能となる。

【0031】尚、特に本形態例においては、エンジン回転数が回転センサ19により検出され、アクセル開度がアクセルセンサ20によりエンジン1の負荷として検出される一方、エンジン1に導入される吸入空気4の温度が吸気温度センサ22により検出され、ボルテックスチューブ8に導入される排気ガス5の温度が排気温度センサ23に検出されて、これら各センサ19、20、22、23からの検出信号N、L、T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>が制御装置21に入力され、暖気吐出口11の流量調整弁16を開度調整するアクチュエータ18に対し前記制御装置21から開度指令Cが出力されて前記流量調整弁16が適切な開度に制御されるようになっているので、エンジン1の運転状態と吸入空気4及び排気ガス5の温度条件に応じた最適流量で排気ガス5が再循環されることになる。

【0032】従って、上記形態例によれば、水冷系の熱負荷を増大することなく再循環排気ガス5を効率良く冷却することができるので、冷却水量を増やしたり、ラジエータを大型化したりする等といった対策を不要として大幅にコストを削減することができ、しかも、ボルテックスチューブ8の採用によりEGR装置全体のコンパクト化を図ることができるので、自動車等に対してもレイアウト上の制約を緩和して支障のない搭載を実現することができる。

【0033】また、特に本形態例においては、制御装置21からの開度指令Cによりボルテックスチューブ8における暖気吐出口11の流量調整弁16を適切な開度に制御して、エンジン1の運転状態と吸入空気4及び排気ガス5の温度条件に応じた最適流量で排気ガス5を再循環させることができるので、排気ガス5の再循環によるNOx低減とトレードオフの関係にある黒煙発生等を確

実に抑制しつつ効果的にNOxの低減化を図ることができる。

【0034】尚、本発明のEGR装置は、上述の形態例にのみ限定されるものではなく、複数のボルテックスチューブを並列に装備するようにしても良いこと、更には、ボルテックスチューブへ導く排気ガスを排気管から抜き出すようにしても良く、また、ボルテックスチューブから導いた排気ガスの冷気を吸気管に戻すようにしても良いこと、その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

【0035】

【発明の効果】上記した本発明のEGR装置によれば、下記の如き種々の優れた効果を奏し得る。

【0036】(I) 本発明の請求項1に記載の発明によれば、水冷系の熱負荷を増大することなく再循環排気ガスを効率良く冷却することができるので、冷却水量を増やしたり、ラジエータを大型化したりする等といった対策を不要として大幅にコストを削減することができ、しかも、ボルテックスチューブの採用によりEGR装置全体のコンパクト化を図ることができるので、自動車等に対してもレイアウト上の制約を緩和して支障のない搭載を実現することができる。

【0037】(II) 本発明の請求項2に記載の発明によれば、制御装置からの開度指令によりボルテックスチューブにおける暖気吐出口の流量調整弁を適切な開度に制御して、エンジンの運転状態と吸入空気及び排気ガスの温度条件に応じた最適流量で排気ガスを再循環させることができるので、排気ガスの再循環によるNOx低減とトレードオフの関係にある黒煙発生等を確実に抑制しつつ効果的にNOxの低減化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

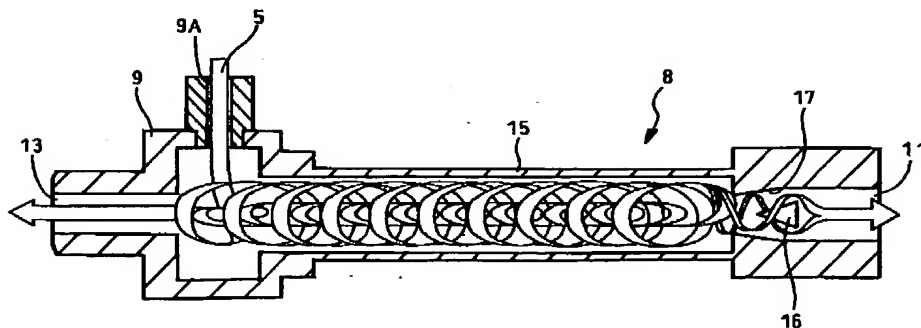
【図1】本発明を実施する形態の一例を示す概略図である。

【図2】図1のボルテックスチューブの詳細を示す断面図である。

【符号の説明】

- 1 エンジン
- 2 吸気管（吸気通路）
- 3 吸気マニホールド（吸気通路）
- 4 吸入空気
- 5 排気ガス
- 6 排気マニホールド（排気通路）
- 7 排気管（排気通路）
- 8 ボルテックスチューブ
- 9 旋回室
- 10 排気ガス導入通路
- 11 暖気吐出口
- 12 暖気排出通路
- 13 冷気吐出口
- 14 冷気排出通路
- 15 流量調整弁
- 16 回転センサ
- 17 アクセルセンサ（負荷センサ）
- 18 制御装置
- 19 吸気温度センサ
- 20 排気温度センサ
- C 開度指令
- L 検出信号
- N 検出信号
- T<sub>1</sub> 検出信号
- T<sub>2</sub> 検出信号

【図2】



【図1】

